

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 57-181516

(43)Date of publication of application : 09.11.1982

(51)Int.Cl.

G02B 9/02

G02B 3/00

(21)Application number : 56-066612

(71)Applicant : AGENCY OF IND SCIENCE & TECHNOL

(22)Date of filing : 01.05.1981

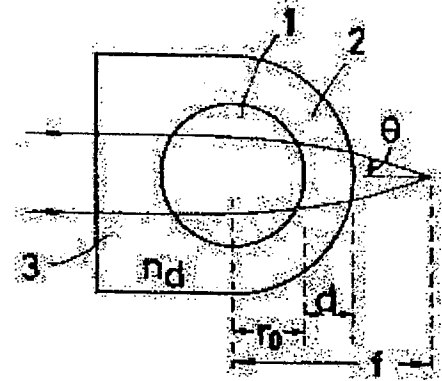
(72)Inventor : KIKUCHI KEISUKE
MORIKAWA TAKITARO
SHIMADA JUNICHI
SAKURAI KENJIRO

(54) HETEROGENEOUS REFRACTIVE INDEX LENS

(57)Abstract:

PURPOSE: To make construction simpler, performance better and manufacture easier by disposing a homogeneous refractive index spherical shell-like clad to one of the peripheral part of a heterogeneous refractive index core having a spherical surface on at least part of its outside surface and a homogeneous refractive index rod-like clad to the other.

CONSTITUTION: This relates to a lens of reducing aberrations by combining a rod-like medium 3 and a spherical shell-like medium 2 with a heterogeneous refractive index spherical core 1, wherein the parallel rays incident from the rod-like clad 3 side pass through the core 1 and form the image at the position of the clad 2. Here, it is also possible to reduce aberrations in the same way with the constitution wherein the light source and the imaging point are reversed. This is suited for applications where a large numerical aperture is required. Such constitution provides relatively simple lens constitution, high mass productivity, less aberrations despite a large numerical aperture, easy formation into one body with other elements by melt-sticking and ease of multiple utilization.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

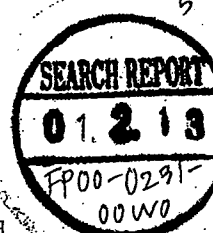
[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]



⑨ 日本国特許庁 (JP)

⑩ 特許出願公開

⑪ 公開特許公報 (A)

昭57-181516

⑫ Int. Cl.³
G 02 B 9/02
3/00

識別記号

庁内整理番号
6952-2H
7448-2H

⑬ 公開 昭和57年(1982)11月9日
発明の数 1
審査請求 有

(全 16 頁)

⑭ 不均質屈折率レンズ

⑮ 特 願 昭56-66612

⑯ 出 願 昭56(1981)5月1日

特許法第30条第1項適用 昭和56年4月1日
昭和56年度電子通信学会総合全国大会において発表

⑰ 発 明 者 菊地啓介

茨城県新治郡桜村梅園1丁目1
番4号工業技術院電子技術総合
研究所内

⑱ 発 明 者 森川滝太郎

茨城県新治郡桜村梅園1丁目1

番4号工業技術院電子技術総合
研究所内

⑲ 発 明 者 島田潤一

茨城県新治郡桜村梅園1丁目1
番4号工業技術院電子技術総合
研究所内

⑳ 発 明 者 桜井健二郎

茨城県新治郡桜村梅園1丁目1
番4号工業技術院電子技術総合
研究所内

㉑ 出 願 人 工業技術院長

㉒ 指定代理人 工業技術院電子技術総合研究所
長

明 細 書

1. 発明の名称

不均質屈折率レンズ

2. 特許請求の範囲

- (1) 少くとも外面の一部に球面を持つ不均質屈折率コアを有し、該球面部分の周辺部であつて光路中にある二周辺部分の中、一方には均質屈折率球殻状クラッドを、他方には均質屈折率ロッド状クラッドを有して成ることを特徴とする不均質屈折率レンズ。
- (2) コアは全周が球面部分である球形コアであることを特徴とする特許請求の範囲(1)に記載のレンズ。
- (3) コアは半球コアであることを特徴とする特許請求の範囲(1)に記載のレンズ。
- (4) ロッド状クラッドの端面は球面となつてゐることを特徴とする特許請求の範囲(1)乃至(3)のいずれか一つに記載のレンズ。
- (5) ロッド状クラッドは空隙を介して分かれた

た二部分から成り、分離した部分は光ディスクとなつてゐることを特徴とする特許請求の範囲(1)乃至(3)のいずれか一つに記載のレンズ。

3. 発明の詳細な説明

本発明は、不均質屈折率レンズの改良に関する。

近年光通信、光情報処理、光ディスク大容量メモリシステムなどの分野で構造が簡単で量産性に富み、しかも高性能で目的の機能を満たさせ易い小型レンズが要求されている。

この要求を満たすべく本発明者等は、先に球レンズ(特願昭55-42348号、同55-118126号、同55-122666号として出願中)を提案してきた。そこでは不均質屈折率球(半球)状コアの光路中にある二周辺部分の両方共に球殻状媒体を付着しており、対称性がよいため多数光源から多数光ファイバへの多重結合など、優れた機能を有していた。しかし半面、(i)光源と像点がレンズから離れて位置し他素子との密着一体化が多
くない、(ii)厚さ一様なクラッドの付着面積が多

く製作上容易でない、(iii)光ビツクアップに用いるとき、厚さ1mm程度のディスク透明板を通して裏側へ集光するので焦点まで距離がある程度必要になるが、ディスク側のクラッドの厚みとその表面の凸レンズ効果のために、球芯半径2mm程度のレンズでは焦点がディスク裏側まで届きにくい、等の欠点があつた。

本発明はこの点に鑑みなされたもので、球面収差は上記既提案レンズ同様、充分に補正できるという前提の下で、上記従来例の(i)、(ii)、(iii)の欠点を除くための構成上の工夫を施した不均質屈折率レンズを提供せんとするものである。

本発明を概説すれば、少なくとも外面の一部に球面を持つ不均質屈折率コアの該球面部分の周辺部であつて、一方から光が入り他方へ出射していく、またその逆の関係にある二周辺部分の中、一方には均質屈折率球殻状媒体を、他方には均質屈折率ロッド状媒体を、夫々クラッドとして設けた不均質屈折率レンズである。これにより、後述の如く、ロッド状媒体から成るクラ

ッド外面に他の素子を密着できる一方で、このクラッド部分と上記の球殻上クラッド部分とで協働的に収差補償がなされるのである。

尚、少なくとも外面の一部に球面を持つコアとしては、当然、全面が球面である球状コアを含み、また、一般性はその方が高い。然し、後述のように、半球コア等にも本発明は適用できるものであり、要は、一方のクラッドを介する光がコアの球面部分に入射し、他の球面部分から他方のクラッドを介して出射していく関係にあるレンズであれば、上記第一、第二クラッドに本発明を適用すれば良いのである。

さて、本発明レンズの収差補正の原理の理解のために先に提案した球レンズ（特願昭55-42348号）の機能を一節引用して説明する。

均質屈折率の単なる球レンズはもとより、第1図(a)に示すイオン交換などの技術で付けられる程度の屈折率分布をもつた不均質球レンズ/でさえも、例えば空気中におき、一点 P_0 から発する光束をレンズ/の反対側のある一点 P_r に収

差なしに集光することはできない。このとき生ずる収差の大きさを、結像点 P_r における集束光が光軸となす角 θ の関数として示したのが第1図(b)である。この図で横軸にとつてある横収差 Δl は $\theta \approx 0$ の近軸光線が収束する結像点 P_r を横切り光軸に垂直な面内において、それぞれの角度で集束する光線が光軸から外れている距離をいう。負の横収差というのは、近軸光線の集束点よりもレンズに近い側で集束する場合を要するものとする。従つて第1図(a)の拡大した円内ではこの負の横収差が示されている。

一方、第2図(a)は、均質屈折率の球殻状媒体2を左側から右側に向けて集束光が通過する場合に、先の場合とは逆に正の横収差 Δl が生ずることを示している。破線は、この球殻状媒体2がないときに集束光がたどるはずの光路を示している。第2図(b)は、生ずる正の横収差の量を第1図(b)と同様に集束光が光軸となす角 θ の関数として示している。

尚、均質屈折率球殻状媒体2が光の進行方向

に対して第2図(a)とは反対の曲面をなしている場合、一点から発してこの媒体を通過する光線は、第2図(a)を左右逆に見ると想像できるように、外側のものほどより外側へ屈折させられる。その結果、この光線束を集束させるときには、外側の光線ほど媒体2から遠ざかつた所に集束し、同様に第2図(b)に示すような正の横収差が生ずることとなる点光源の位置を無限遠にし、平行光を入射させるようにしても同様の傾向を示す。

以上に鑑みると、第1図に示した不均質屈折率球レンズ/が集束させようとする光線束に及ぼす効果と、第2図に示した均質屈折率球殻2がこれに及ぼす効果は、収差に関して負と正という逆の関係にあることがわかる。従つて、これらの二要素を組合わせれば、正負が打ち消しあつて収差が補正され、先に提案した球レンズはこの技術思想に基づいてなされたものである。

本発明の不均質屈折率レンズも、収差補償の原理自体は同様で、正負の打消効果によつてい

る。しかし、先に提案したレンズのように、球殻状クラッドにのみよるものでは、先に述べた通りの欠点があるので、本発明では一方のクラッドをロッド状としてこれを除いたのである。逆に言うと、ロッド状クラッドとしても正負の打消効果という従来例の長所は損うことがないということの証明から説明を始める。

第3図(a)にはロッド状媒体3の光線経路図が、第3図(b)にはその収差特性が示されているが、これから判かるように、このロッド状媒体3も正の収差を持つのである。即ち、仮に媒体がないときに点線のように一点に向かう光束が、媒体3が置かれると近軸光よりも光軸となす角 θ の大きい光線がより速くて光軸を切り、正の収差を生ずる。第3図(a)はロッド端面に像点ができる場合を示しているが逆に像点の処へ光源を置いた場合も第3図(a)を逆に見ると想像できるように、外側のものほどより外側に屈折させられ、正の収差として働くことがわかる。また、平行光が入射する場合も同様である。

とその収差を示している。切り離されたロッド部分4を光ディスクと見たてると光ビックアップレンズの構成となる。なお上記各光学系で光源と結像点を逆にとつても同様である。

以上の各構成のレンズで、不均質球芯(球状コア)の屈折率分布は、先に提案した球レンズと同様K、

$$n^2(r) = n^2(0) [1 + G_2 (r/r_0)^2 + G_4 (r/r_0)^4]$$

と表している。ここで、 r_0 は球芯半径、 $n(0)$ は中心の屈折率、 G_2 、 G_4 は夫々2次係数、4次係数と呼び、屈折率が中心 $r=0$ から周辺 $r=r_0$ までどのように変化しているかを表わしている。球対称であり、また2乗分布に近いことを前提とし、6次以上と奇数次は0としている。

なお、屈折率は中心から周辺に向つて減少する場合($G_2 < 0$)が実際上問題になる。またその屈折率差はイオン交換技術で可能な5%前後($G_2 = -0.1$)のものを考えている。

クラッドは均質な屈折率 nd のものを考え、その値は球芯の中心の屈折率 $n(0)$ (数値例では1.6

さて、以上に分解して説明したロッド状媒体3と球殻状媒体2とを不均質屈折率球状コア/に組合わせ収差を著しく低減させた本発明レンズの基本的実施例の構成と高性能さの一端を示すための数値例を第4図～第7図に示している。第4図(a)、(b)はロッド状クラッド3側から平行光が入射し、コア/を透過後、球殻状クラッド2を通過した位置で結像する光学系とその収差の例、第5図(a)、(b)、(c)は球殻状クラッド2側から平行光が入射しコア/を介してロッド状クラッド3の端面3'に結像する光学系とその収差の例であり、同図(c)は多重利用をし易くするためロッド側端面3'を球面にしたものである。第6図(a)、(b)、(c)はロッド状クラッド3の端面3'の点光源からの光束が球殻状クラッド2を通過した位置で結像する光学系とその収差の例で、同図(c)では多重利用をし易くするためロッド側端面3'を球面としている。第7図(a)、(b)は第5図(a)でロッド状クラッド3を光軸に垂直な面で切り、間隙(空気層)3'を入れた構成の光学系

とした)に対して大小いずれてあつてもよいが加工性や熱加算性のよいプラスチックの使用を想定して $nd = 1.5$ とした数値例を採用した。

さて、第4図～第7図は $G_2 = -0.08$ 、 $G_4 = -0.005$ の不均質球芯の場合の例を示しているが、一般にはイオン交換によつて作成した後に測定によつて G_2 、 G_4 を知ることになる。そこで任意に与えられた G_2 、 G_4 に応じて収差補正に必要なクラッドの厚さを求める関係図を第8図～第11図に示した。各々第4図～第7図の各(a)図示の光学系に対応している。これらの図で実線は収差補償に必要な球殻状クラッドの厚さ、一点線はその時の残留横収差、点線は焦点位置を示している。

第8図に示すロッド状クラッド側から平行光を入射させる場合と第9図に示す球殻状クラッド側から平行光を入射させる場合を比較すると与えられた G_2 、 G_4 に対して収差補償に必要な球殻状クラッドの厚さは等しいことがわかる。また開口数を後者($NA = 0.45$)が前者($NA = 0.3$)

より大きくとつているにもかかわらず収差を小さくできる G_2, G_3 の領域が広いことがわかる。従つて大きい開口数が必要される用途には前者が適している。しかしロッド状クラッド鋼を平行光にしてその端面に他素子、例えば第19図に即して後述のように、干渉膜、回折格子などを密着一体化させる応用例には前者が適する。

具体的な数値を例えば第9図であらためると、球芯半径 1mm 、 $G_2 = -0.1$ で $-0.02 \leq G_3 \leq 0.02$ の範囲内の不均質球芯ならば開口数 $NA = 0.45$ で使つても横収差 $1\mu\text{m}$ 以内になる。従つて第19図の各応用例に示すように、本レンズからの光を受けるのにファイバを用いる際、このファイバがシングルモードファイバであつても、充分な高効率が可能である。

第10図は一個のレンズで光源からの発散光束を集束し光ファイバなどに結合させる例で、ロッド状クラッド鋼の開口数を0.3、反対側を0.12としている。第8, 9図の場合に比べて残差収差は一桁大きい。しかしそれでも例えば球芯半

径 1mm のレンズでシングルモードファイバのコア径内(約 $6\mu\text{m}$)に収差を収めることは難しくない。

第11図は第7図の光ピックアップに用いることを想定した光学系の収差補正の条件を示している。第5図の光学系の補正条件を示す第9図と比較してみると、同じ屈折率分布の球芯に対し前者が厚い球殻状クラッドを必要としている。これは前者ではロッド状クラッドに間隙(空気層)があるためその分負の収差がおこり(空气中に平板屈折媒体があるときには正の収差)、それを補償するために球殻状クラッドをその分だけ厚くしていることになる。第12図は r_0 を単位とする作動間隙 W/r_0 と必要な球殻状クラッド厚さ d/r_0 の関係を示している。パラメータは2次係数 G_2 である。あわせて $(s+1)/r_0$ を示している。いま、ディスクの厚さ $s = 1\text{mm}$ 、球芯半径 2mm とすると、 $(s+1)/r_0 \geq 0.5$ 、第12図からこの範囲は図中、左半分の所に位置し、例えば $G_2 = -0.08$ として、間隙 W は 0.6mm は取れる。

第11図から、例えば $r_0 = 2\text{mm}$ 、 $G_2 = -0.1$ 程度の球芯で $-0.01 \leq G_3 \leq 0.01$ の範囲のものがあれば $NA = 0.45$ で横収差 $1\mu\text{m}$ 内のレンズができる。これは光の回折限界 $D \approx \lambda/NA$ ($\lambda = 0.8\mu\text{m}$ として約 $2\mu\text{m}$ 、半径にして $1\mu\text{m}$)と同程度であり高性能レンズと云える。しかし G_3 の範囲がイオン交換などで制御できるものかどうかは問題になるので、現実には制作されている円筒対称の分布をもつ集束性ロッドレンズの屈折率分布の表式 $n^2(r) = n^2(0) [1 - (gr)^2 + h_4(gr)^4]$ に置き換え、4次係数 h_4 に換算してみる。 $G_2 = -(gr_0)^2$ 、 $G_3 = h_4(gr_0)^4$ 、より $h_4 = G_3/G_2$ 、 $G_2 = -0.1$ を代入して $h_4 = 100 \cdot G_3$ 、従つて G_3 は小さな値でも h_4 は二桁大きく $-0.01 \leq G_3 \leq 0.01$ は $-1 < h_4 < 1$ に相当する。しかし、従来のイオン交換に関する経験からこの範囲は決して狭いものではない。若し、これに匹敵するレンズを円筒対称屈折率分布のロッドレンズで実現しようとするとおそらく h_4 は或る値に ± 0.01 の精度で制御しなければならないだろう。このことから本発明レンズは優

れた集光レンズと云える。

さて、以上では $n(0) = 1.6$ 、 $nd = 1.5$ の数値例を示してきた。それはガラス材の球芯にプラスチックのクラッドをも使用できるよう配慮したからである。しかしレンズの使用条件によつてはクラッド材の熱膨張係数を球芯に一致させねばならずガラス材を用いることも必要であり、また最も有効な nd を探すことも重要である。そこでクラッドの屈折率 nd を変えて収差補償の条件を求めたのが第13図、第14図である。各々第4図、第5図の各(a)図の光学系に対応している。

第13、14図で横軸のクラッド屈折率 nd が増え、縦軸に示す収差補償に必要なクラッドの厚さが減少する。ここで、パラメータは2次係数 G_2 である。4次係数 G_3 は簡単のため0としている。一点鎖線で示す残差収差は nd の小さい処と大きい処で、また $|G_2|$ の小さい処で増加している。しかし詳しく見ると nd の $n(0) = 1.6$ の値を中心とするその両側に等散的な角状の領域があり、これは分布が弱い($|G_2|$ 小)球芯でもクラ

ッドの屈折率を調べば少ない収差にできることを意味している。この二つの領域の内、 nd の小さい方では不均質球芯の周辺からクラッドに屈折率がほぼ段差なしにつながっていることが確められる。これはトラルド及びモルガンが解析的に求めた均質球芯のある無収差ルネブルク型レンズと似ている。しかし解析解の球芯の屈折率分布は複雑で現実に制作することは出来そうにない。そこでイオン交換などで出来上つたものにその分布に近じたクラッドを付けるというのが設計上の手法となる。さて、 nd の大きい方は $|G_2|$ が小さくても球芯とクラッドの間の屈折率段差が大きくなっている。 $G_2 \rightarrow 0$ の極限、すなわち球芯に分布がない場合でも屈折率の大きいクラッドを付けて収差を小さくできることを意味し、これに相当するレンズは同じくトラルドにより見出し出されている。第13, 14図は、⁽¹⁾特異なレンズを含み、設計のための全貌を示している。

次にレンズ製作にあつてのクラッドの厚さ

や、クラッドの中での球芯の位置ずれなどの製作精度をどの程度に抑えるべきかを知るために、第15図、第16図にはクラッドの厚さに対する収差の増加を、第17図、第18図にはクラッドの中での球芯の光軸方向の位置ずれに対する収差の増加を示している。光通信用レンズを想定してシングルモードファイバのコア径約 $6\mu\text{m}$ 内に収差を収めるためには横収差をその半分の $3\mu\text{m}$ 以内にすればよく、例えば第16図で $r_0 = 1\text{mm}$ の球芯を用いるとして、クラッド厚さは $\pm 80\mu\text{m}$ の精度が必要である。また第18図の球芯の位置ずれは $\pm 100\mu\text{m}$ に抑えればよい。また、光ピックアップ用レンズを想定すると横収差を回折限界内に抑えることが必要になり、ほぼ $1\mu\text{m}$ 以内にしたい。 $r_0 = 2\text{mm}$ として第16図からクラッド厚さは約 $\pm 30\mu\text{m}$ 、第18図から球芯の位置ずれは $\pm 40\mu\text{m}$ に抑えることが必要となる。が、これ等の製作公差は、高性能レンズを目指している割には比較的大きく採れ、レンズ製作上、好都合である(光ピックアップレンズはロッド状クラッド

ドに間隙のある第7図(4)の光学系についてデータが必要であるが間隙無しの場合で代用した)。

以上では、本発明レンズが構造が比較的簡単で、量産性に富み、開口数が高い割に収差を小さくできることを証した。これに加えて、従来の球殻状クラッドのみから成るレンズに比し、他素子との密着一体化がし易い、多重利用がし易いなど機能性に富むことを第19図示の応用例にて示しておく。

もつとも、本発明はこうしたレンズそのものに係るもので、これをどのように利用するかは夫々当業者の選択に任されるため、第19図各図では各応用例の概略構成を示すに留める。

第19図(4)、(5)、(6)は、光ファイバ7、7間又はこのファイバ7、7に代えて一方を光源とし、これとファイバ間とか受光器間等、反射体、回折体、干渉手段、変調素子、光スイッチ、アイソレータ等々の他の素子を挿入するため空間7を必要とする場合に有効な挿入デバイスへの応用例で、本発明レンズを一对用いている。

第19図(4)、(5)の応用例は方向性結合器で、本発明レンズを一对用い、間にビーム・スプリッタ7を挟み込んでいる。この場合、一对のレンズの衝き合せ端面とビーム・スプリッタとの物理的な固定のためには、公知の接着剤から適当なものを選ぶことができる。

第19図(7)、(8)、(9)は分波器乃至その逆機能としての合波器とする応用例で、同図(7)では球殻状クラッド2, 2間にプリズム10を挿入して成っており、同図(8)では回折格子11を球殻状クラッド2に隣らせている。また、ロッド状クラッドの端面3'は先に述べた球面にし、ファイバ7の群をこの球面に対し放射状に配している。同図(9)では、ロッド状クラッド端面3'そのものを、適宜な溝形成技術を利用する等して回折格子11としている。

第19図(4)の光スイッチでは、本発明レンズを二つ、そのロッド状クラッド部分で直交的に一体成形し、端面3'を一括に斜断して、通常はこの斜断面を全反射面としてこれ等二つのレンズ

部分間に光の入出射関係を持たせているが、この斜断面に相補的な面を持つ透過部材12を選択的に挿入することにより、もう一つの本発明レンズを介して他の光ファイバへ光路を切替えるようになっている。

第19図(j)は、先に述べた光ピックアップとして本発明レンズを応用する場合、積層されたディスク等の狭空間に横から挿入するのに適当なように、高さを低くするため、本レンズを介しての光路間に屈折関係を持たせるべく、コア1として半球状のものを用い、その直径を含む平面6を反射面として用いたもので、空隙7を介しての光ディスク4は同じくロッド状クラッド3の一部と看做することができる。

第19図(j)はフレキシブル光エネルギーガイド装置を構成した例であつて、筒状の各ハウジング13…を隣接する端部相互で球自在継手14…で連結し、各ハウジング内に、本発明レンズを二つ、背中合せにしてそのロッド状クラッド部分3、3を一体成形した要素15を配して成っている。

本発明レンズの更に他の実施例の概略構成及びロッド側端面に点光源をおき球殻の外に集光させた時の光学系の収差の説明図、第7図(a)、(b)は第5図(a)のレンズを光ピックアップ用に変形した実施例の概略構成及びその収差の一例の説明図、第8、9、10、11図は各々第4、5、6、7図光学系について球芯の2次係数 G_2 、4次係数 G_4 の値に応じての収差補償に必要な球殻状クラッドの厚さ及びそのときの残留横収差、焦点までの距離の関係曲線図、第12図はピックアップ光学系第5図(a)の間隔Wとクラッドの厚さ、使用できるディスクの厚さの関係曲線図、第13、14図は各々第4、5図の光学系で2次係数 G_2 をパラメータにクラッドの屈折率を変えて収差補償に必要な球殻状クラッドの厚さを求め、あわせて残留横収差を示した関係曲線図、第15、16図は各々第4、5図のレンズで球殻状クラッドの厚さの製作精度と収差の関係を例示した関係曲線図、第17、18図は各々第4、5図のレンズでクラッドの中での球芯の光軸方向の位置ずれ

この装置はフレキシブルなガイド機能のみならず、ガイドした先で集光する機能を持っているので、例えばレーザーメス等に応用すれば他の集光系が要らず、合理的である。

以上のように、本発明に依れば、その本来の光学的特性の優秀さに加えて、他素子との組み合わせの自由度が高く、一体化も図れる多機能な小型レンズが提供できるものである。

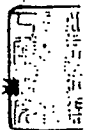
4. 図面の簡単な説明

第1図はクラッドのない、弱い球対称な屈折率分布をもつた球レンズの収差を示す説明図、第2図は球殻状屈折媒体の収差を示す説明図、第3図は球面でえぐられたロッド状媒体の収差を示す説明図、第4図(a)、(b)は本発明の不均質レンズの一実施例の概略構成及びロッド側から平行光を入射させ、球殻の外へ集光させた時の収差の一例の説明図、第5図(a)、(b)、(c)は本発明レンズの他の実施例の概略構成及び球殻側から平行光を入射しロッド側の端面に集光させた時の収差の一例の説明図、第6図(a)、(b)、(c)は

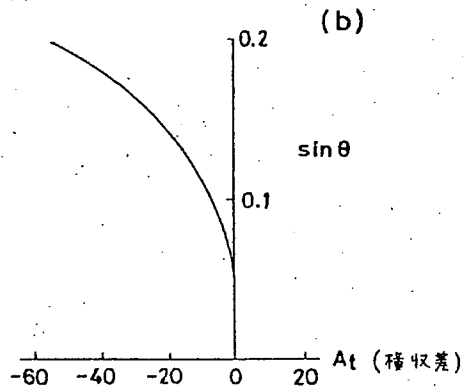
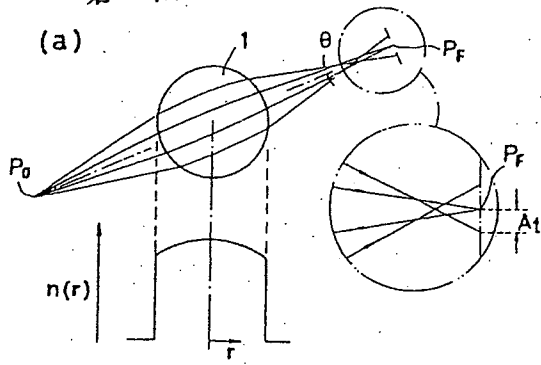
と収差との関係曲線図、第19図は本発明レンズの各応用例の概略構成図である。

図中、1は球芯(コア)、2は球殻状クラッド、3はロッド状クラッド、4はロッド状クラッドの一部としてのディスク、5は空隙、6は反射面(膜)である。

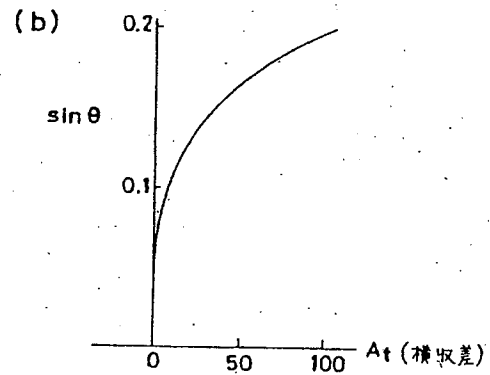
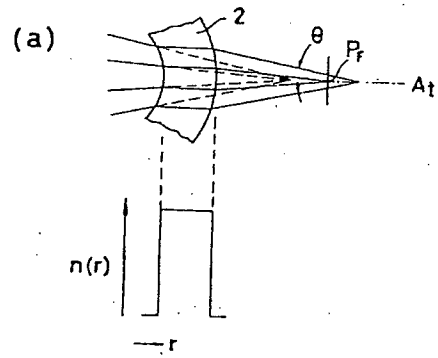
指定代理人 工業技術院
電子技術総合研究所長
等々力



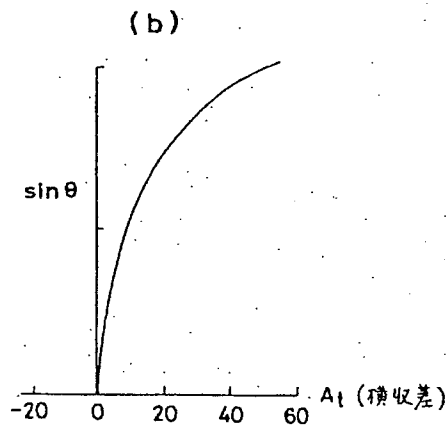
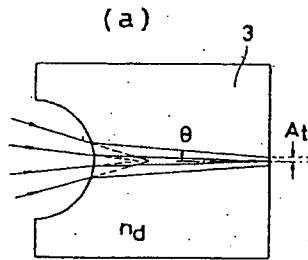
第1図



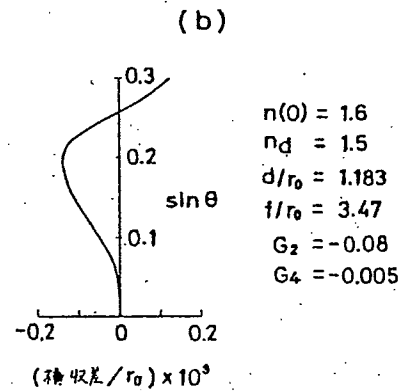
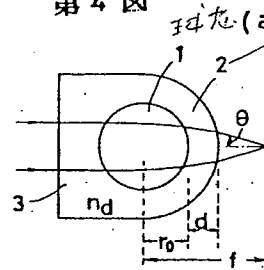
第2図



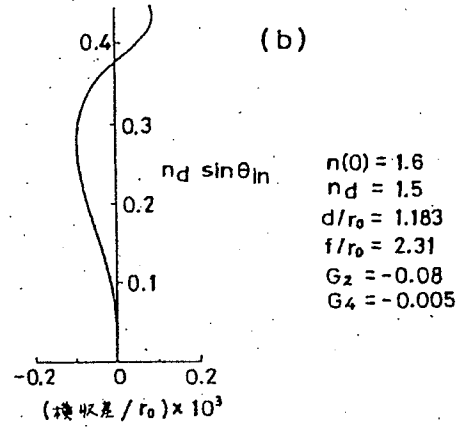
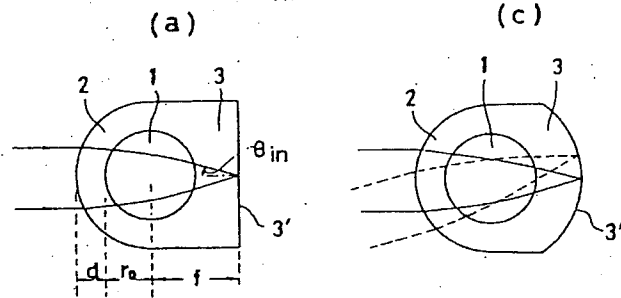
第3図



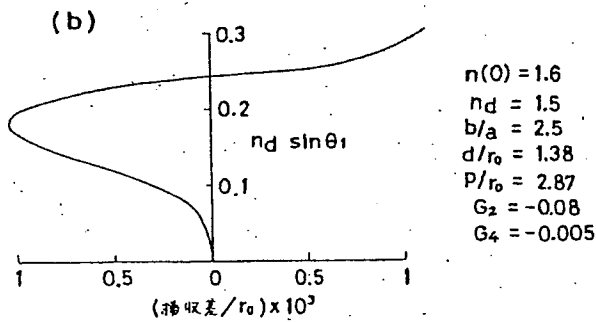
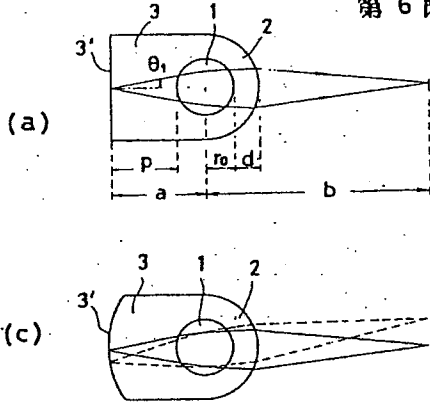
第4図



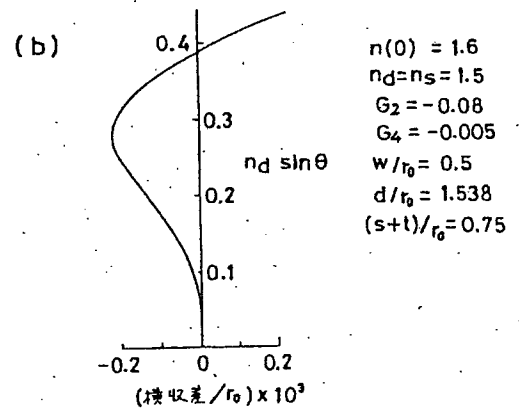
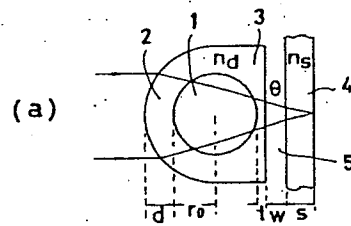
第 5 図



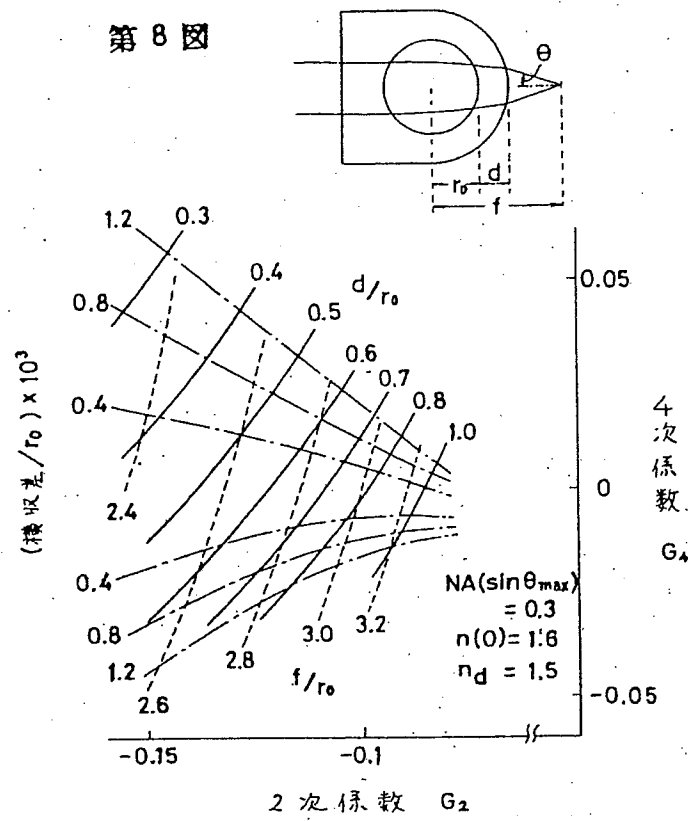
第 6 図



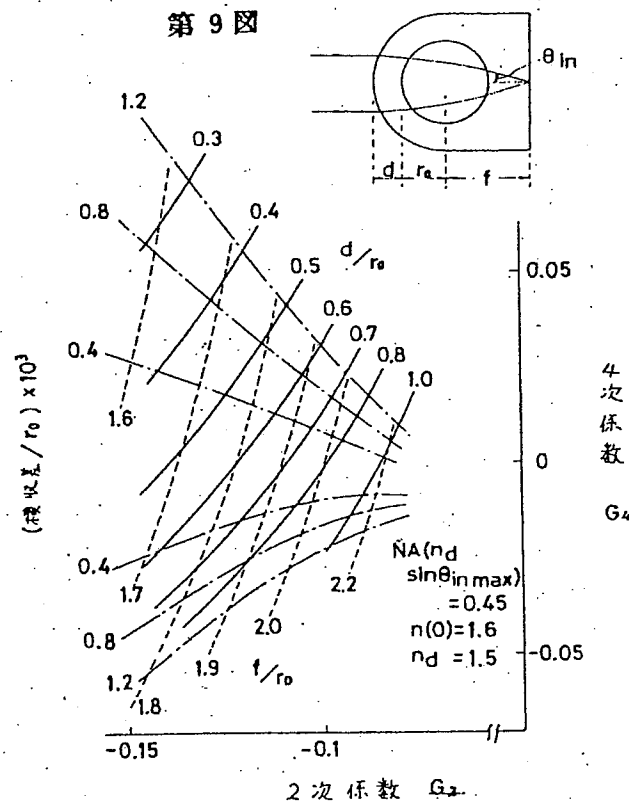
第 7 図



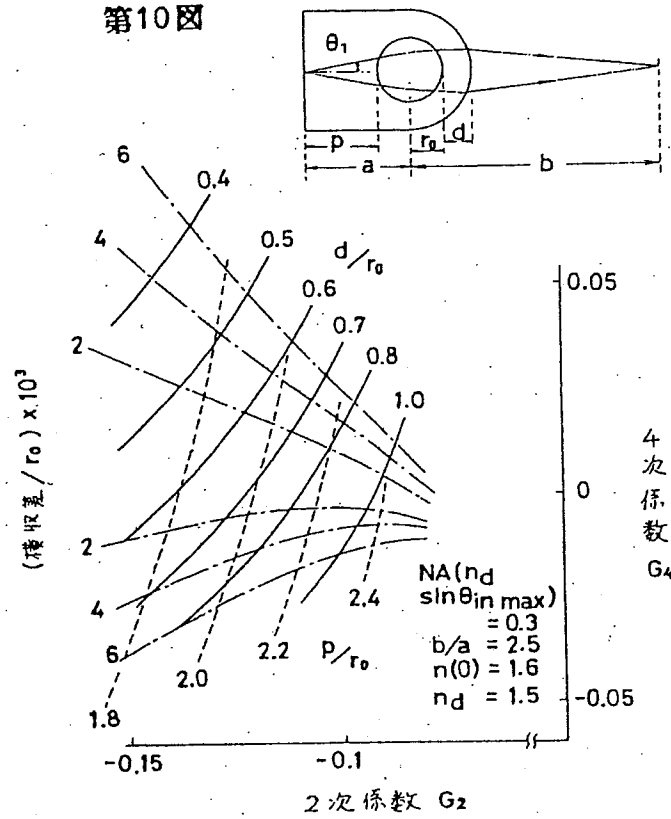
第 8 図



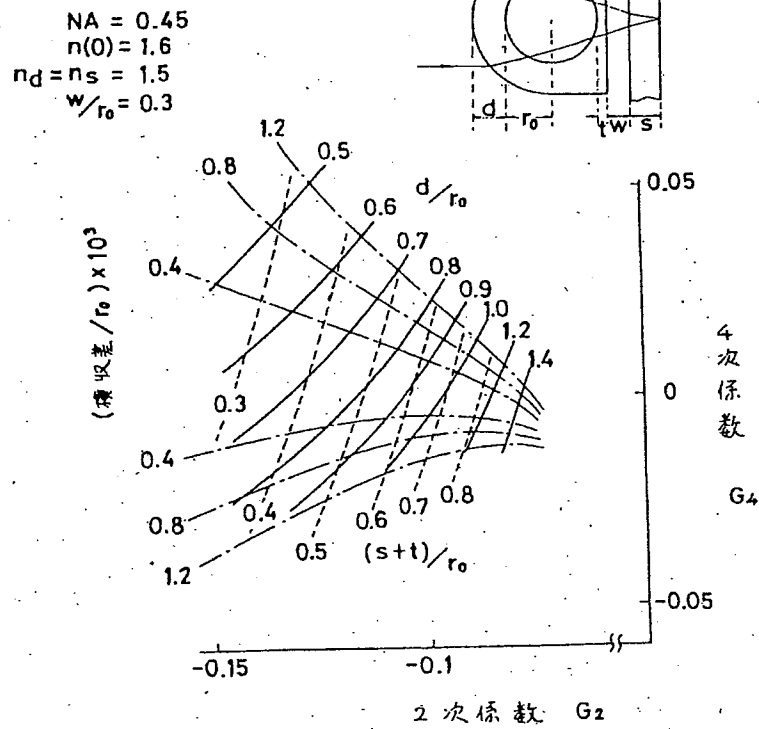
第 9 図



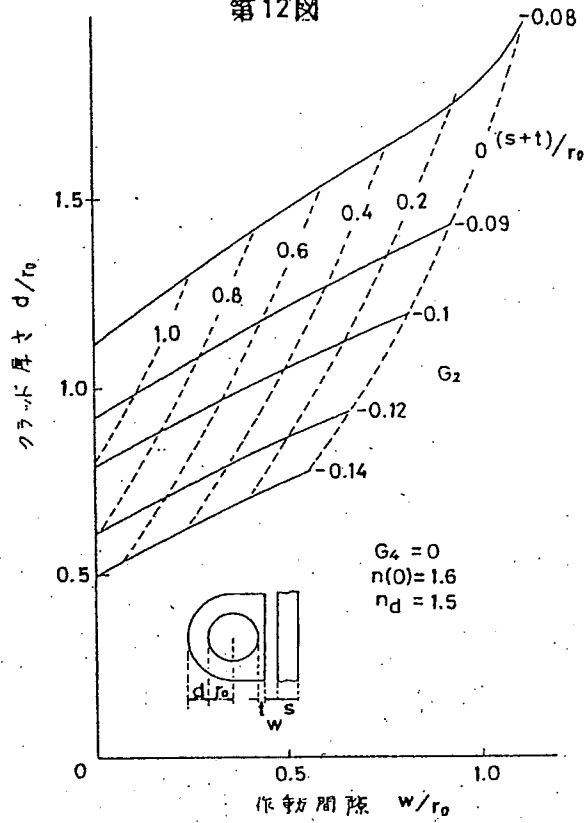
第10図



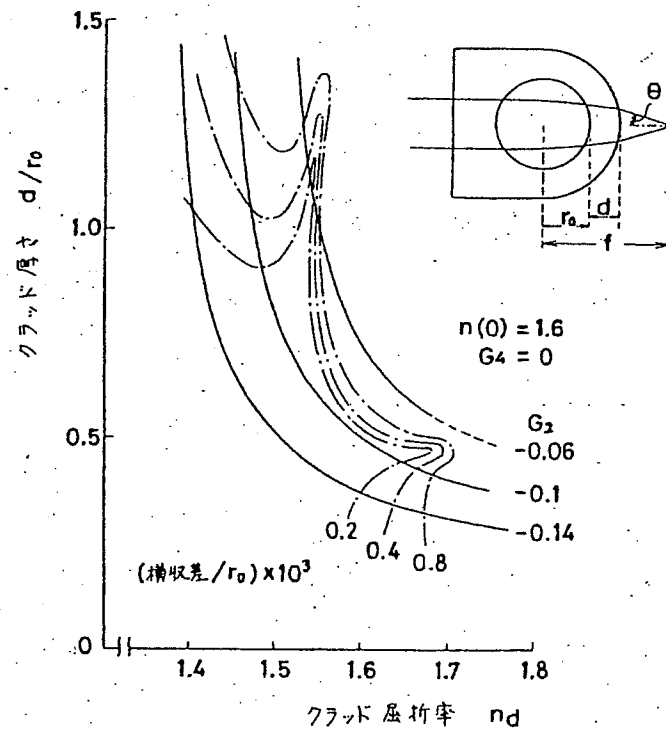
第11図



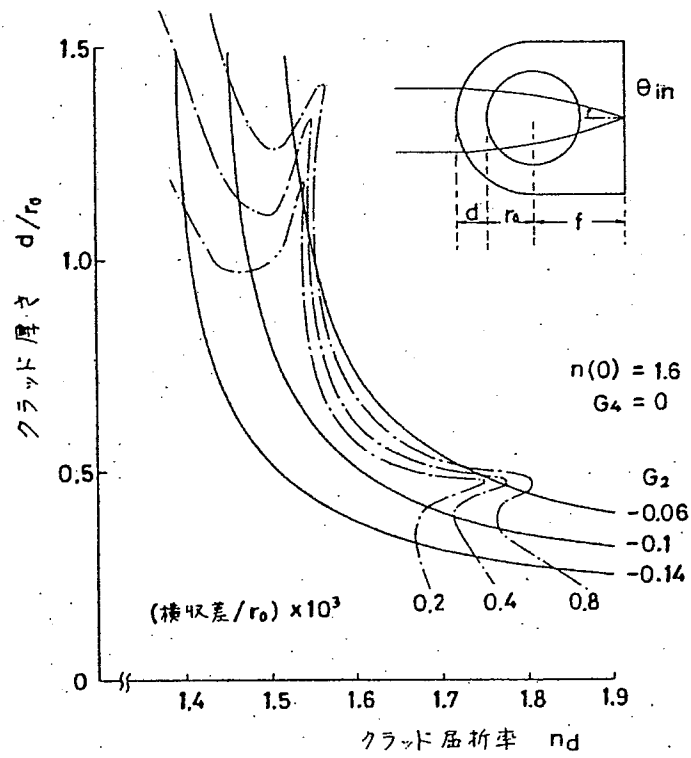
第12図



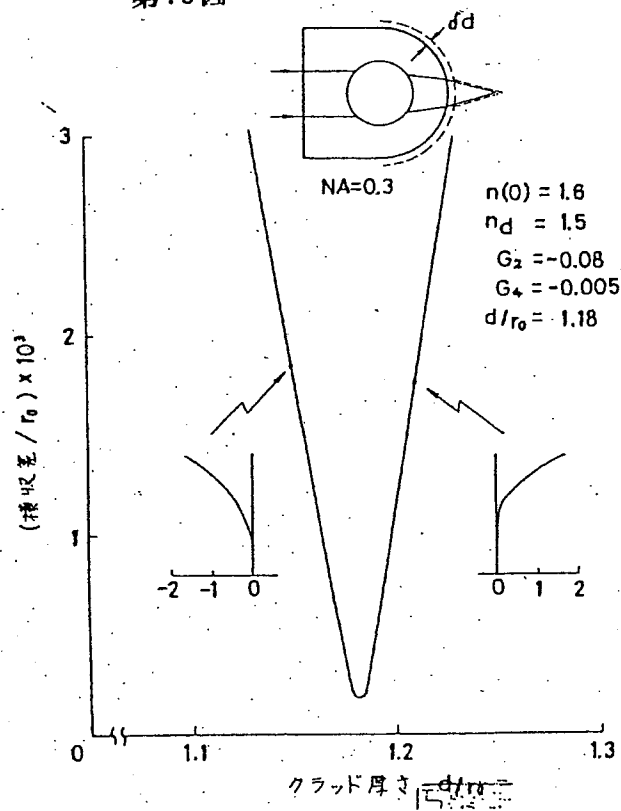
第13図



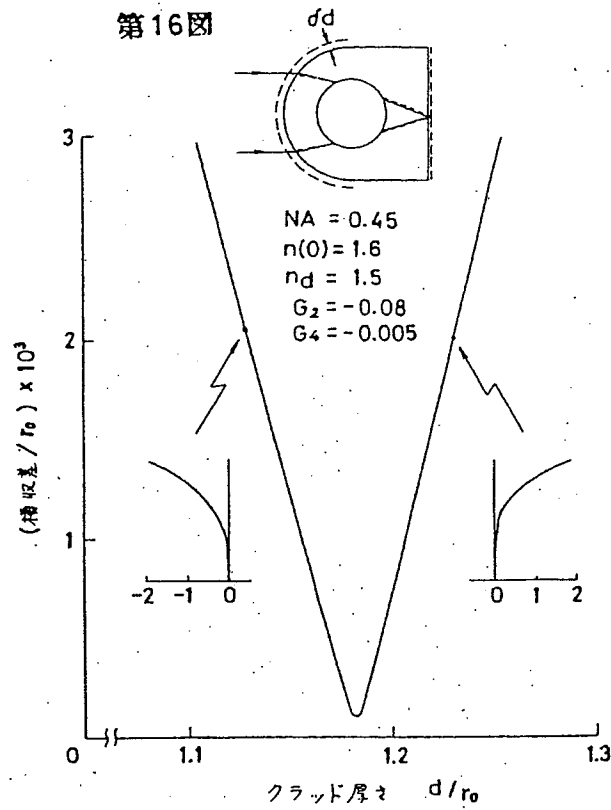
第14図



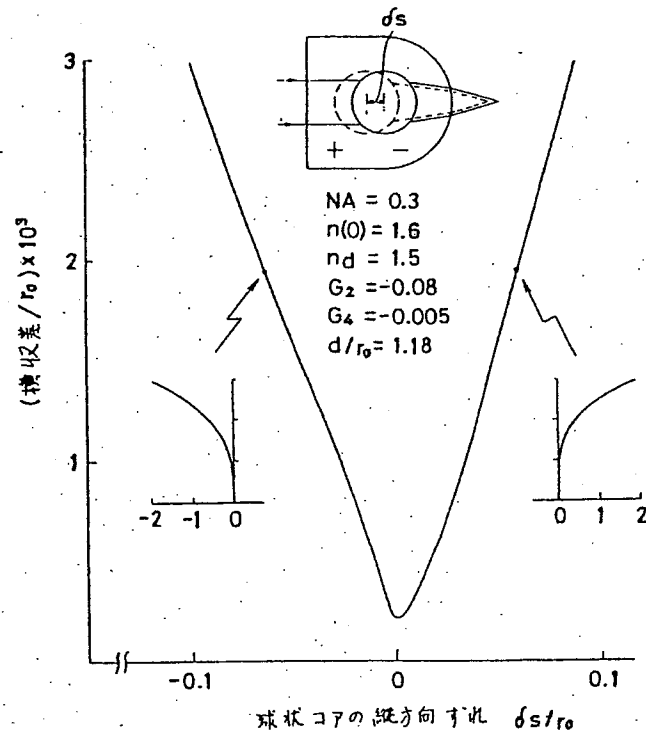
第15図



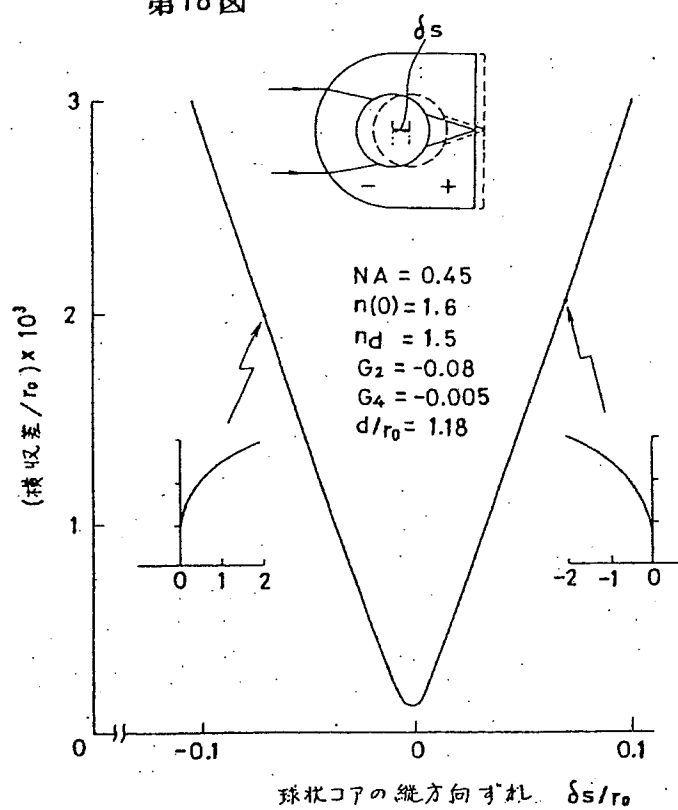
第16図



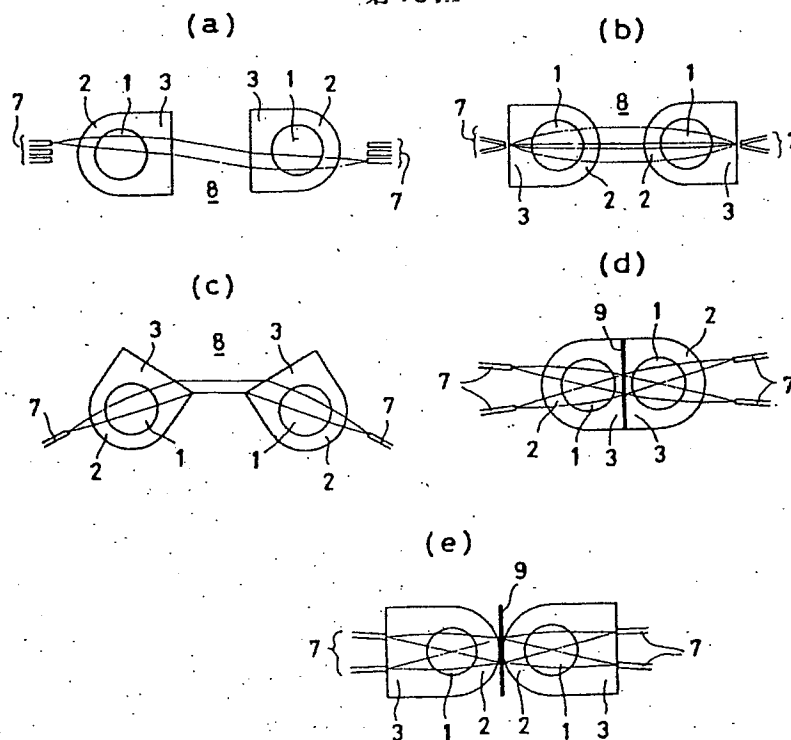
第17図



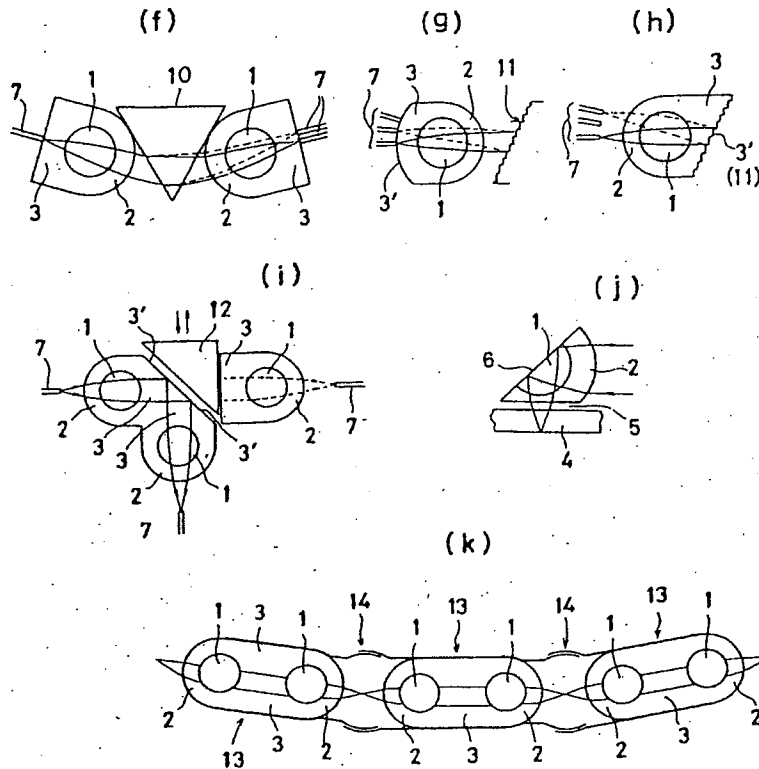
第18図



第19図



第19図



手続補正書(自発)

昭和56年7月10日

特許庁長官 島田 幸樹 殿

1 事件の表示

昭和56年特許願第444/2号

2 発明の名称

不均質屈折率レンズ

3 補正をする者

事件との関係 特許出願人

東京都千代田区森が間1丁目3番1号

114工業技術院長 石坂 誠一

4 指定代理人

茨城県新治郡保村町園1丁目1番4号

0035工業技術院

電子技術総合研究所長 等々力

5 補正の対象

明細書の発明の詳細な説明の欄および図面

6 補正の内容

- (1) 明細書中、第5頁5行の「Atは」を「Atは」と訂正する。
- (2) 同、第6頁8行の「...となる点光源...」を「...となる。点光源...」と訂正する。
- (3) 同、第10頁3行、第14頁2,8,9,12,16,18行および第15頁2,11行の「nd」を「n_d」と訂正する。
- (4) 同、第12頁末行の「0.6μ」を「1.2μ」を訂正する。
- (5) 同、第16頁下から5行の「約±30μ」を「約±50μ」を訂正する。
- (6) 同第16頁下から5行の「±40」を「±70」と訂正する。
- (7) 図面の第2図(a)を別紙のように訂正する。

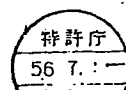


図 2

